

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 5 日
Date of Application:

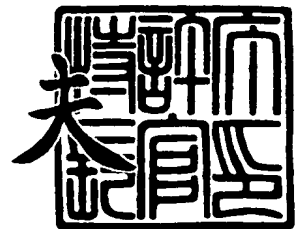
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 7 4 8 4 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 7 4 8 4 4]

出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 0 1 0 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 02-00156

【提出日】 平成14年12月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 15/20
G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

【氏名】 鈴木 憲三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100092897

【弁理士】

【氏名又は名称】 大西 正悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041807

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ズームレンズ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、絞りと正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が増大するように、前記第 1 レンズ群および前記第 2 レンズ群がそれぞれ移動し且つ前記第 3 レンズ群が固定され、前記第 2 レンズ群は 4 枚以下のレンズ成分で構成され、前記第 2 レンズ群中には、最も物体側の面を除くいずれかのレンズ面に、回折光学面を有し、該回折光学面の有効径（直径）を C 、広角端におけるレンズ系全体の焦点距離を f_w とし、次式

$$0.2 < C / f_w < 2.0$$

の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 広角端での前記第 2 レンズ群の最も像側の面から前記回折光学面までの光軸に沿った距離を L とし、前記第 2 レンズ群の全長を L_2 （但し、絞りを含まず）としたとき、次式

$$0 \leq L / L_2 < 1.0$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 3】 前記回折光学面は、空気と接するレンズ面上に形成され、前記回折光学素子を有する面の曲率半径を r_a としたとき、次式

$$0 \leq |f_w / r_a| < 0.4$$

の条件を満足するように形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式

$$0.2 < f_3 / f_w < 1.5$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、固体撮像素子等を用いたビデオカメラや電子スチルカメラ等に好適なズームレンズに関する。

【 0 0 0 2 】**【従来の技術】**

従来、ビデオカメラや電子スチルカメラ等の小型化に伴い、ズームレンズの小型化が要求されている。近年では、変倍機能を備えたズームレンズの要求は益々強くなり、変倍機能の重要性が増している。また、高画質への要求により撮像素子の高画素化が進み、レンズの性能への要求も厳しくなっている。このような要求を達成するひとつの手段として、従来から、回折光学素子を用いたズームレンズが知られている。

【 0 0 0 3 】

例えば、物体側から順に負・正の 2 成分タイプのズームレンズで、第 1 レンズ群または第 2 レンズ群は少なくとも 1 面に回折光学面を有しているもの（例えば、特許文献 1 を参照）や、負・正・正の 3 成分タイプのズームレンズで、いずれかのレンズ群に回折光学面を有しているもの（例えば、特許文献 2 を参照）や、負・正・正の 3 成分タイプのズームレンズで、第 2 レンズ群中に回折光学面を有しているもの（例えば、特許文献 3 を参照）がある。

【 0 0 0 4 】**【特許文献 1】**

特開平 1 1 - 5 2 2 3 5 号公報

【特許文献 2】

特開平 1 1 - 5 2 2 3 7 号公報

【特許文献 3】

特開 2 0 0 0 - 2 2 1 3 9 7 号公報

【 0 0 0 5 】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、特許文献 1 および特許文献 2 に開示されているいずれのズーム

レンズも性能、小型化ともに不十分であった。また、特許文献 3 に開示されているズームレンズでは、第 2 レンズ群中に設けられている回折光学面がレンズ接合面に導入されているため、製造が困難であった。

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、固体撮像素子等を用いたビデオカメラや電子スチルカメラ等に好適で、射出瞳位置が結像面から十分遠く離れ、3 倍程度の変倍比を有し、特に、回折光学素子を用いて小型で高性能なズームレンズを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記問題を解決するために、請求項 1 に係る発明のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、絞りと正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍に際して、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が減少し、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔が増大するように、第 1 レンズ群および第 2 レンズ群がそれぞれ移動し且つ第 3 レンズ群が固定され、第 2 レンズ群は 4 枚以下のレンズ成分で構成され、第 2 レンズ群中には、最も物体側の面を除くいずれかのレンズ面に、回折光学面を有し、該回折光学面の有効径（直径）を C 、広角端におけるレンズ系全体の焦点距離を f_w とし、次式 $0.2 < C/f_w < 2.0$ の条件を満足する。

【0008】

請求項 2 に係る発明のズームレンズは、請求項 1 に記載のズームレンズにおいて、広角端での第 2 レンズ群の最も像側の面から回折光学面までの光軸に沿った距離を L とし、第 2 レンズ群の全長を L_2 （但し、絞りを含まず）としたとき、次式 $0 \leq L/L_2 < 1.0$ の条件を満足する。

【0009】

請求項 3 に係る発明のズームレンズは、請求項 1 又は請求項 2 に記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は、空気と接するレンズ面上に形成され、前記回折光学素子を有する面の曲率半径を r_a としたとき、次式 $0 \leq |f_w/r_a|$

< 0.4 の条件を満足するように形成されている。

【0010】

請求項4に係るズームレンズは、請求項1～3のいずれかに記載のズームレンズにおいて、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式 $0.2 < f_3 / f_w < 15.0$ の条件を満足する。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るズームレンズの実施の形態について説明する。本発明のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、絞りと正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。このように物体側から順に、負・正・正の屈折力配置を採用しているので、射出瞳位置を像面から十分遠く離すことができる。また、第2レンズ群G2中に開口絞りを有することは重要な構成要件であって、諸収差の補正と射出瞳位置を像面より十分離すのに必要な要件である。第3レンズ群G3では、十分に遠くに離すことはできない。特に第3レンズ群G3は、像面に最も近く位置しているので、射出瞳の位置を像面から離すのに効果が大きい。したがって、本発明のズームレンズは、固体撮像素子を用いたカメラなどに好適である。

【0012】

また、本発明では、第2レンズ群G2に、回折作用によるレンズ面（以下、回折光学面という）を導入することにより、特に色収差に関して優れた補正が可能であり、且つ、回折光学素子に特有の問題であったフレアを低減し、その結果、優れた光学性能を達成することができることを見出した。以下、この点について詳述する。

【0013】

一般に、光線を偏向させる作用として、屈折作用、反射作用、および回折作用の3種類が知られている。本発明において、回折光学面とは、光波としての回折作用を利用することにより光を屈曲させ、種々の光学作用を得ることのできるレンズ面をいう。具体的には、回折光学面は、負分散を生じさせることができるこ

と、小型化しやすいことなど、数々の利点を有している。その中でも特に、色収差補正に極めて有効であることが知られている。なお、このような回折光学素子の性質に関しては、「『回折光学素子入門』応用物理学会日本光学会監修」に詳しい。

【0014】

さて、本発明に係るズームレンズにおいては、回折光学面を有する一般の光学系の場合と同様に、回折光学面を通過する光線角度は、できるだけ小さい方が好ましい。これは、上記光線角度が大きくなると、回折光学面によるフレアが発生しやすくなり、画質を損ねてしまうからである。そこで、回折光学面によるフレアがあまり影響を及ぼさずに、良好な画像を得るためには、本光学系の場合、その角度が10度以下とすることが望ましい。このような条件が満たされるのであれば、回折光学面は、本ズームレンズ中のどこに配置してもよいが、本ズームレンズ中においては、第2レンズ群中の最も物体側の面は、光線の角度が10度を超えるため不適である。したがって、最も物体側の面を除くいずれかのレンズ面に、回折光学面を有することが好ましいことを見出した。なお、その効果を十分に得るには、光線角度が5度以下であることがより好ましい。

【0015】

以下、条件式の説明に沿って、本発明のズームレンズを詳細に説明する。本発明のズームレンズにおいて、Cは回折光学面の有効径（直径）、 f_w は広角端におけるレンズ系全体の焦点距離としたとき、次式（1）を満足する。

【0016】

【数1】

$$0.2 < C / f_w < 2.0 \quad (1)$$

【0017】

上記条件式（1）は、回折光学面を有するレンズの適切な有効径（直径）Cを規定している。条件式（1）の上限値を上回ると、有効径が大きくなりすぎ、回折光学面の製作が困難となりコストアップにつながる。また、回折光学面に外部からの有害光が入りやすくなり、フレア等による画質低下を招きやすくなる。反対に、条件式（1）の下限値を下回ると、また、前記回折光学面を有するレンズ

の有効径Cが小さくなりすぎて、回折光学面の格子ピッチが小さくなる傾向が強まり、回折光学面の製作が困難となりコストアップにつながるばかりか、格子によるフレア発生が大きくなり画質低下を招きやすくなる。さらには、光量不足の傾向が強まり不都合である。なお、本発明の効果を十分に発揮するには、条件式(1)の上限値を0.9とすることが好ましい。また、下限値を0.5とすることが好ましい。

【0018】

また、本発明に係るズームレンズにおいて、L2は第2レンズ群の全長(但し、絞りを含まず)、Lは広角端での第2レンズ群の最も像側の面から回折光学面までの光軸に沿った距離としたとき、次式(2)を満足する。

【0019】

【数2】

$$0 \leq L/L2 < 1.0 \quad (2)$$

【0020】

上記条件式(2)は、回折光学面を有するレンズの適切な位置を規定している。条件式(2)の上限値を上回ると、回折光学面が絞り位置に近くなりすぎ、鏡筒実装上の不都合が生じるばかりか、回折光学面に入射する光線角度が大きくなりすぎ、フレア発生が大きくなって不都合である。なお、本発明の効果を十分に発揮するには、上限値を0.9とすることが望ましい。

【0021】

また、本発明に係るズームレンズにおいて、raは回折光学面を有する面の曲率半径としたとき、次式(3)を満足する。

【0022】

【数3】

$$0 \leq |fw/ra| < 0.4 \quad (3)$$

【0023】

上記条件式(3)は、回折光学面を有するレンズ面の曲率半径raの適切な範囲を規定している。条件式(3)の上限値を上回ると、回折光学面の曲率半径raが小さくなりすぎてしまい、回折光学面自身を製造しづらくなる不都合が生じ

るばかりか、コマ収差や像面湾曲収差の発生が甚大となってしまう。なお、回折光学面が平面上に形成されているときは、 r_a は無限大なので、条件式(3)は、 $|f_w/r_a| = 0$ である。

【0024】

さらに、本発明に係るズームレンズにおいて、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離としたとき、次式(4)を満足する。

【0025】

【数4】

$$0.2 < f_3/f_w < 15.0 \quad (4)$$

【0026】

上記条件式(4)は、 f_3 の適切な範囲を規定している。条件式(4)の上限値を超えると、射出瞳を像面から十分に離すことが困難となってしまう。条件式(4)の下限値を下回ると、ズームレンズ全体の小型化が困難となってしまう。本発明の効果を十分に発揮するには、条件式(4)の上限値を10.0とすることが望ましい。また、条件式(4)の下限値を1.5とすることが望ましい。なお、この第3レンズ群を物体側に繰り出してフォーカシングが可能である。

【0027】

また、本発明に係るズームレンズにおいて、 r_1 は第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの物体側の面の曲率半径、 r_2 は第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの像側の面の曲率半径としたとき、次式(5)を満足することが望ましい。

【0028】

【数5】

$$-3 < (r_1 + r_2) / (r_2 - r_1) < 0 \quad (5)$$

【0029】

上記条件式(5)は、第1レンズ群中の最も物体側の負レンズの適切な範囲を規定している。条件式(5)の下限を下回ると、非点収差や倍率色収差などの軸収差の劣化が大きくなり、好ましくない。反対に、条件式(5)の上限値を上回ると、レンズの研磨や心取りが困難となりコストアップにつながる。なお、本発

明の効果を十分に発揮するには、条件式(5)の上限値を -0.8 とすることが望ましい。また、条件式(5)の下限値を -2 とすることが望ましい。

【0030】

また、本発明に係るズームレンズにおいて、 ΔN は第2レンズ群中の最も物体側の凸レンズと最も像側の凹レンズの屈折率との差としたとき、次式(6)を満足することが望ましい。

【0031】

【数6】

$$0.02 < \Delta N \quad (6)$$

【0032】

本発明のように、最大像高に比してバックフォーカスの長いズームレンズにおいては、像側のレンズ群を通る軸上光線の位置が光軸から大きく離れがちであり、この軸上光線の収差補正が難しい。本発明では、上記条件式(6)に示すように、第2レンズ群中の貼り合わせレンズの屈折率差である ΔN の値を適切な範囲に設定することにより、上述の軸上光線の収差補正を良好に行うことが可能であることを見出した。このとき、第2レンズ群中において、正レンズの屈折率が負レンズの屈折率よりも低いことが望ましい。また、条件式(6)の下限値を下回ると、球面収差の補正が困難となって、良好な結像性能を得ることができなくなってしまい、さらに、ペッツバル和が負側に変移しやすくなるので好ましくない。

【0033】

ところで、回折光学面は、レンズ接合面に形成すると、回折格子の高さが大きくなってフレアが発生しやすくなるので、空気と接するレンズ面上に形成することが好ましい。また、諸収差をさらに良好に補正するには、第2レンズ群中に、両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合レンズを有することがより好ましい。

【0034】

第2レンズ群中の最も物体側のレンズは、両凸レンズであることが好ましい。さらに、この両凸レンズを構成している像側のレンズ面、または、第2レンズ群

中の最も像側レンズを構成している像側のレンズ面に、回折光学面を配することが望ましい。なお、回折光学面を、後者である最も像側のレンズ面に配置するときは、物体側に凸である面とすることが好ましい。また、第2レンズ群G2の最も像側の面は、回折光学面を配置している、いないにかかわらず、像側に凹な面とすることが諸収差の補正上望ましい。

【0035】

第1レンズ群は、物体側の面が物体側に凸面を向けた負レンズ、凸レンズの構成とすることが好ましい。また、第2レンズ群は、小型化のため4枚以下のレンズで構成され、第3レンズ群も2枚以下のレンズで構成されることが望ましい。

【0036】

上記の第1レンズ群の焦点距離 f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、次式(7)を満足することが好ましい。

【0037】

【数7】

$$0.3 < |f_2 / f_1| < 1.0 \quad (7)$$

【0038】

上記条件式(7)は、第1レンズ群と第2レンズ群のパワー配分の適切な範囲を規定する。条件式(7)を外れると、収差バランスを失いやすくなるばかりか、小型化の達成が困難となる。

【0039】

なお、回折光学面はアッベ数 V_d が65以下の光学ガラスのレンズ面上に形成することが望ましい。これは、回折格子が製造しやすく、良好な光学性能が得られるからである。

【0040】

また、回折光学面をレンズ上に形成する場合、製造を容易にする観点から、フレネルゾーンプレートのように、回折光学面を光軸に対して回転対称な格子構造にすることが好ましい。この場合、通常の非球面レンズと同様に、精研削でも、ガラスモールドでも製作可能である。さらには、レンズ表面に薄い樹脂層を形成し、この樹脂層に格子構造を設けるようにしてもよい。また、回折格子は単純な

単層構造に限らず、複数の格子構造を重ねて複層構造にしてもよい。このように、複層構造の回折格子によれば、回折効率の波長特性や画角特性をより一層向上させることができる。

【0041】

さらに、本発明においては、もともと屈折面として非球面状に形成されたレンズLAやLBのレンズ面に回折作用を有するキノフォームまたはマルチレベルのバイナリ層を付加してもよい。以下、この点についてさらに説明する。

【0042】

一般に、ガラスモールド法で非球面レンズを形成する場合、いわゆる「型」を作り、その「型」の形状を転写した多数のレプリカをガラスで安価に且つ精度良く作っている。したがって、もともと屈折面として非球面状に形成されたレンズ面の上に回折光学面を形成するには、その「型」にキノフォームまたはバイナリ層を付加するだけで良い。このような方法は、コストアップおよび工程時間の増加をそれほど招かずに済むため、実用的価値が高い。特に、レンズ面にバイナリ層を付加する方法は、半導体チップの製造方法と似通っているため、より実用的価値が高い。なお、レンズ面を平面状または球面状に形成し、その表面に薄い透明な樹脂層を付加して、キノフォームまたはバイナリ形状を作成しても良い。

【0043】

さらに、本発明に係るズームレンズは、撮影レンズのブレを検出するブレ検出手段と、ブレ検出手段からの信号とカメラの作動シークエンスの制御を行う制御手段からの信号とに基づいて適正なブレ補正量を定めるブレ制御装置と、ブレ補正量に基づき防振レンズ群を移動させる駆動機構とを組み合わせ、防振レンズシステムを構成することもできる。この場合、本発明においては、小型の負レンズ群GRまたはその一部を光軸と直交する方向にシフトするように構成することが好ましい。また、本発明に係るズームレンズを構成する各レンズに加えて、屈折率分布型レンズ等を用いることにより、さらに良好な光学性能が得られることは言うまでもない。

【0044】

【実施例】

図1、図4、図7は各実施例のズームレンズにおける、構成および広角端（W）から望遠端（T）までのズーム軌跡を示す図である。以下、本発明の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。各実施例において、本発明のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りと正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大するように、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2をそれぞれ移動させ且つ第3レンズ群G3を固定させて、広角端（W）から望遠端（T）への変倍を行っている。また、第2レンズ群G2は4枚以下のレンズ成分で構成されている。

【0045】

各実施例において、回折光学面の位相差は、通常の屈折率と後述する非球面式（8）、（9）とを用いて行う超高屈折法により計算した。超高屈折法とは、非球面形状と回折光学面の格子ピッチとの間の一定の等価関係を利用するものであり、本実施例においては回折光学面は超高屈折法のデータとして、すなわち、後述する非球面式（8）、（9）およびその係数により示している。なお、本実施例では収差特性の算出対象として、d線、g線、C線、F線を選んでいる。本実施例において用いたこれらd線、g線、C線、F線の波長と、各スペクトル線に対して設定した具体的な屈折率の値を下の表1に示す。

【0046】

【表1】

	波長 (nm)	屈折率
d 線	587.562	10001
g 線	435.835	7418.6853
C 線	656.273	11170.4255
F 線	486.133	8274.7311

【0047】

各実施例において非球面は、光軸に垂直な方向の高さ（入射高）をyとし、非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸に沿っ

た距離（サグ量）を x とし、基準球面の曲率半径を r とし、近軸曲率半径を R とし、円錐定数を κ とし、 n 次の非球面係数を C_n としたとき、次式（８），（９）で表される。

【0048】

【数 8】

$$x = (y^2 / r) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2 / r^2)^{1/2}\} + C_2 y^2 + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10} \quad (8)$$

$$R = 1 / \{ (1 / r) + 2 C_2 \} \quad (9)$$

【0049】

なお、本実施例において用いた超高屈折法については、前述の「『回折光学素子入門』応用物理学会日本光学会監修」に詳しい。

【0050】

（第 1 実施例）

以下、本発明の第 1 実施例について図 1～図 3 を用いて説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施例に係るズームレンズのレンズ構成、および広角端（W）から望遠端（T）への変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0051】

図 1 のズームレンズにおいて、第 1 レンズ群 G_1 は、物体側から順に、物体側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズ L_1 、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_2 から構成されている。また、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側から順に、開口絞り S と、物体側の面が非球面状に形成され且つ像側の面に回折光学面 G_f が形成された両凸レンズ L_3 、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_4 から構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G_3 は、物体側の面が非球面状に形成された両凸レンズ L_5 から構成されている。

【0052】

なお、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 との間において、第 2 レンズ群 G_2 の近傍に絞り S が配置され、この絞り S は変倍時に第 2 レンズ群 G_2 とともに移動する。また、第 3 レンズ群 G_3 の像側に、光学フィルター F_1 が配置されており、第 3 レンズ群 G_3 とともに固定されている。

【0053】

広角端 (W) から望遠端 (T) へのズーム作動は、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2を群単位で移動させて行われ、本第1実施例では、図1に示すように、第1および第2レンズ群G1、G2を実線の矢印A1、A2で示すように移動させる。第3レンズ群G3は固定されている。

【0054】

このように図1に示した本発明の第1実施例における各レンズの諸元を表2に示す。表2において面番号1～14は、図1における符号1～14に対応している。また、表2におけるrはレンズ面の曲率半径（非球面の場合には基準球面の曲率半径）を、dはレンズ面の間隔を、ndはd線、ngはg線、nCはC線、nFはF線に対する屈折率をそれぞれ示している。

【0055】

この表2において、面番号5が開口絞りSを示す。また、面番号4に示す面間隔（すなわち面番号4と面番号5との面間隔）d4と面番号10に示す面間隔（すなわち面番号10と面番号11との面間隔）d10は、ズーム作動に応じて変化する。同様に、ズームレンズの全体の焦点距離f、口径比FNOもズーム作動に応じて変化する。このようにズーム作動に応じて変化する値は、広角端 (W) および望遠端 (T) において、以下に示している。また、前述の条件式(1)～(7)に対応する値、すなわち条件対応値も以下に示している。

【0056】

なお、表2において、非球面形状に形成されたレンズ面には、面番号の右に*印を付している。本実施例では、面番号7および8に相当する面が回折光学面Gfに相当し、したがって、図1中のレンズL3が、回折光学面Gfを有するレンズ素子（回折光学素子）に相当する。また、面番号7および8には、この回折光学面Gfの諸元を超高屈折法を用いて示している。C2=0の場合は記載を省略している。以上の表の説明は、他の実施例においても同様である。

【0057】

【表2】

面番号	r	d	nd	ng	nC	nF
-----	---	---	----	----	----	----

1*	278.40890	0.40000	1.834810	1.859530	1.828970	1.848510
2	2.18598	0.80000	1.000000			
3	3.03431	0.80000	1.805180	1.847290	1.796110	1.827770
4	7.19810	d4(可変)	1.000000			
5	開口絞り S	0.20000				
6*	3.03744	0.80000	1.772500	1.791970	1.767800	1.783370
7	-12.63804	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
8*	-12.63804	0.05000	1.000000			
9	3.49472	0.80000	1.720470	1.747210	1.714360	1.735110
10	1.64370	d10(可変)	1.000000			
11*	10.36775	0.80000	1.583130	1.595220	1.580150	1.589930
12	-5.41266	0.20000	1.000000			
13	∞	1.20000	1.544370	1.553700	1.541900	1.549620
14	∞	0.72975	1.000000			

(非球面データ)

面番号	κ	C_4	C_6	C_8	C_{10}
1	1.0000	4.20800×10^{-3}	1.48870×10^{-4}	-1.18730×10^{-4}	1.80070×10^{-5}
6	-0.9643	-4.80590×10^{-3}	7.99720×10^{-3}	-7.39210×10^{-3}	2.25930×10^{-3}
11	16.8196	-7.18000×10^{-3}	1.06000×10^{-3}	-1.73950×10^{-4}	-1.23240×10^{-5}

面番号	κ	C_2	C_4	C_6
8	1.0000	-1.01490×10^{-6}	-1.05050×10^{-7}	-1.59370×10^{-7}
		C_8	C_{10}	
		-1.99370×10^{-8}	1.41220×10^{-7}	

(変倍における可変間隔)

	広角端(W)	望遠端(T)
f	2.38	6.71
FNO	2.97	5.38
d4	5.14929	0.53650
d10	2.44306	7.37249

(条件式対応値)

$$C = 1.89$$

$$f_w = 2.37599$$

$$L = 0.85$$

$$L_2 = 1.65$$

$$r_a = -12.63804$$

$$f_1 = -5.54360$$

$$f_2 = 4.39149$$

$$f_3 = 6.21438$$

$$r_1 = 278.4089$$

$$r_2 = 2.18598$$

$$(1) C / f_w = 0.795458$$

$$(2) L / L_2 = 0.515152$$

$$(3) |f_w / r_a| = 0.188003$$

$$(4) f_3 / f_w = 2.615491$$

$$(5) (r_1 + r_2) / (r_2 - r_1) = -1.01583$$

$$(6) \Delta N = 0.05203$$

$$(7) |f_2 / f_1| = 0.792173$$

【0058】

このように第1実施例では、上記条件式(1)～(7)は全て満たされることがわかる。

【0059】

図2、3は、第1実施例の諸収差図である。すなわち、図2は広角端(W)における諸収差図であり、図3は望遠端(T)における諸収差図である。各収差図において、FNOはFナンバーを、Yは像高を、dはd線を、gはg線を、CはC線を、FはF線をそれぞれ示している。なお、球面収差図において最大口径に対応するFナンバーの値、非点収差図と歪曲収差図では、像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。また、非点収差図では実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。以上の収差図の説明は、他

の実施例においても同様である。各収差図から明らかなように、第1実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0060】

(第2実施例)

次に、本発明の第2実施例について図4～図6を用いて説明する。図4は、本発明の第2実施例に係るズームレンズのレンズ構成、および広角端(W)から望遠端(T)への変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0061】

図4のズームレンズにおいて、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズL1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、開口絞りSと、物体側の面が非球面状に形成され且つ像側の面に回折光学面Gfが形成された両凸レンズL3、両凸レンズL4および両凹レンズL5との貼り合わせレンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、物体側の面が非球面状に形成された両凸レンズL5から構成されている。

【0062】

なお、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間において、第2レンズ群G2の近傍に絞りSが配置され、この絞りSは変倍時に第2レンズ群G2とともに移動する。また、第3レンズ群G3の像側に、物体側から順に、光学フィルターF1、光学フィルターF2が配置され、第3レンズ群G3と同様に固定されている。

【0063】

広角端(W)から望遠端(T)へのズーム作動は、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2を群単位で移動させて行われ、本第2実施例では、図4に示すように、第1および第2レンズ群G1、G2を矢印A3、A4で示すように移動させて行われる。なお、第3レンズ群G3は固定されている。

【0064】

このように図4に示した本発明の第2実施例における各レンズの諸元を表3に

示す。表3において、面番号1～17は、図4における符号1～17に対応している。

【0065】

この表3において、面番号5が開口絞りSを示す。また、面番号4に示す面間隔（すなわち面番号4と面番号5との面間隔） d_4 と、面番号11に示す面間隔（すなわち面番号11と面番号12との面間隔） d_{11} とは、ズーム作動に応じて変化する。同様に、ズームレンズの全体の焦点距離 f 、口径比 FNO も、ズーム作動に応じて変化する。このようにズーム作動に応じて変化する値は、広角端（W）および望遠端（T）において以下に示している。また、前述の条件式（1）～（7）に対応する値、すなわち条件対応値も以下に示している。

【0066】

なお、表3において、非球面形状に形成されたレンズ面には、面番号の右に*印を付している。本実施例では、面番号7および8に相当する面が回折光学面 G_f に相当し、したがって図4中のレンズ L_3 が回折光学面 G_f を有するレンズ素子（回折光学素子）に相当する。また、面番号7および8には、この回折光学面 G_f の諸元を超高屈折法を用いて示している。

【0067】

【表3】

面番号	r	d	n_d	n_g	n_C	n_F
1*	700.00000	0.80000	1.834810	1.859530	1.828970	1.848510
2	6.05258	2.00000	1.000000			
3	8.40507	2.00000	1.805180	1.847290	1.796110	1.827770
4	18.20566	d_4 (可変)	1.000000			
5	開口絞り S	1.00000				
6*	13.37863	2.00000	1.772500	1.791970	1.767800	1.783370
7	-31.77566	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
8*	-31.77566	0.10000	1.000000			
9	8.68131	2.55000	1.834000	1.862780	1.827380	1.849820
10	-5.31656	0.90000	1.698950	1.729410	1.692220	1.715420

11	4.13273	d11(可変)	1.000000			
12*	26.07609	2.00000	1.583130	1.595220	1.580150	1.589930
13	-13.60898	0.60000	1.000000			
14	∞	2.30000	1.544370	1.553700	1.541900	1.549620
15	∞	0.32500	1.000000			
16	∞	0.60000	1.516330	1.526210	1.513860	1.521910
17	∞	1.48448	1.000000			

(非球面データ)

面番号	κ	C_4	C_6	C_8	C_{10}
1	1.0000	2.57890×10^{-4}	-5.31000×10^{-6}	1.53620×10^{-7}	-1.28030×10^{-9}
6	-0.9643	-4.94590×10^{-4}	6.51820×10^{-5}	-1.37250×10^{-5}	7.94120×10^{-7}
12	16.8196	-4.51730×10^{-4}	1.52260×10^{-5}	-6.42040×10^{-7}	5.43720×10^{-9}
面番号	κ	C_2	C_4	C_6	
8	1.0000	-1.50910×10^{-7}	-6.22640×10^{-9}	-5.16760×10^{-10}	
		C_8	C_{10}		
		6.05320×10^{-11}	-1.10240×10^{-11}		

(変倍における可変間隔)

	広角端(W)	望遠端(T)
f	5.97	16.88
FNO	3.00	5.41
d4	13.59112	1.99322
d11	5.62414	18.01814

(条件式対応値)

$C = 4.62$
 $f_w = 5.97393$
 $L = 3.55$
 $L_2 = 5.55$
 $r_a = -31.77566$
 $f_1 = -13.93820$

$$f_2 = 11.04147$$

$$f_3 = 15.62475$$

$$r_1 = 700$$

$$r_2 = 6.05258$$

$$(1) \ C/f_w = 0.77336$$

$$(2) \ L/L_2 = 0.63964$$

$$(3) \ |f_w/r_a| = 0.188003$$

$$(4) \ f_3/f_w = 2.615489$$

$$(5) \ (r_1 + r_2)/(r_2 - r_1) = -1.01744$$

$$(6) \ \Delta N = 0.07355$$

$$(7) \ |f_2/f_1| = 0.792173$$

【0068】

このように第2実施例では、上記条件式(1)～(7)は全て満たされることがわかる。

【0069】

図5、6は、第2実施例の諸収差図である。すなわち、図5は広角端(W)における諸収差図であり、図6は望遠端(T)における諸収差図である。各収差図から明らかなように、第2実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0070】

(第3実施例)

続いて、本発明の第3実施例について図7～図9を用いて説明する。図7は、本発明の第3実施例に係るズームレンズのレンズ構成、および広角端(W)から望遠端(T)への変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0071】

図7のズームレンズにおいて、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズL1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、開口絞りSと、物体側の面が非球面状に形成された両凸レンズL3お

よび両凹レンズL4との貼り合わせレンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5および像側の面に回折光学面Gfを備えた正メニスカスレンズL6との貼り合わせレンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側の面が非球面状に形成された両凸レンズL7、像側に凸面を向けた平凸レンズL8から構成されている。なお、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に絞りSが配置され、第3レンズ群G3と同様に固定されている。

【0072】

広角端(W)から望遠端(T)へのズーム作動は、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2を群単位で移動させて行われ、本第3実施例は、図7に示すように、第1および第2レンズ群G1、G2を矢印A5、A6で示すように移動させて行われる。なお、第3レンズ群G3は固定されている。

【0073】

このように図7に示した本発明の第3実施例における各レンズの諸元を表4に示す。表4において面番号1～16は、図7における符号1～16に対応している。

【0074】

この表4において、面番号5が開口絞りSを示す。また、面番号4に示す面間隔(すなわち面番号4と面番号5との面間隔) d_4 と、面番号5に示す面間隔(すなわち面番号5と面番号6との面間隔) d_5 と、面番号12に示す面間隔(すなわち面番号12と面番号13との面間隔) d_{12} とは、ズーム作動に応じて変化する。同様に、ズームレンズの全体の焦点距離 f 、口径比FNOも、ズーム作動に応じて変化する。このようにズーム作動に応じて変化する値は、広角端(W)および望遠端(T)において、以下に示している。また、前述の条件式(1)～(7)に対応する値、すなわち条件対応値も以下に示している。

【0075】

なお、表4において、非球面形状に形成されたレンズ面には、面番号の右に*印を付している。本実施例では、面番号11および12に相当する面が回折光学面Gfに相当し、したがって図7中のレンズL6が回折光学面Gfを有するレンズ素子(回折光学素子)に相当する。また、面番号11および12には、この回

折光学面 G f の諸元を超高屈折法を用いて示している。

【 0 0 7 6 】

【表 4】

面番号	r	d	n d	n g	n C	n F
1	63.27518	1.00000	1.804000	1.825700	1.798820	1.816080
2*	5.86614	1.37500	1.000000			
3	8.27052	1.80000	1.805180	1.847290	1.796110	1.827770
4	18.50044	d4(可変)	1.000000			
5	開口絞り S	d5(可変)				
6*	4.39627	2.20000	1.804000	1.825700	1.798820	1.816080
7	-6.54377	0.75000	1.688930	1.717970	1.682500	1.704670
8	3.15882	0.60000	1.000000			
9	6.25657	0.50000	1.743200	1.762050	1.738650	1.753720
10	5.72154	0.90000	1.772500	1.791970	1.767800	1.783370
11	30.18608	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
12*	30.18608	d12(可変)	1.000000			
13*	76.30423	1.30000	1.804000	1.825700	1.798820	1.816080
14	-402.31705	0.60000	1.000000			
15	∞	3.00000	1.516330	1.526210	1.513860	1.521910
16	-66.41146	2.54229	1.000000			

(非球面データ)

面番号	κ	C 4	C 6	C 8	C 1 0
2	1.0000	-1.08470×10^{-4}	-2.63700×10^{-5}	1.18050×10^{-6}	-3.62870×10^{-8}
6	1.0000	-5.89130×10^{-4}	-6.53380×10^{-5}	6.47880×10^{-6}	-6.62230×10^{-7}
12	1.0000	1.65160×10^{-4}	1.80860×10^{-6}	3.34900×10^{-10}	-2.32220×10^{-10}
13	1.0000	-6.45180×10^{-4}	7.34220×10^{-6}	9.53910×10^{-6}	-5.65190×10^{-7}

(変倍における可変間隔)

	広角端(W)	望遠端 (T)
f	5.56	10.48

FNO	2.919	3.962
d4	9.86552	1.75642
d5	4.31641	1.40331
d12	1.89346	4.80653

(条件式対応値)

$C = 4.40$

$f_w = 5.56205$

$L = 0$

$L_2 = 4.95$

$r_a = 30.18608$

$f_1 = -16.32883$

$f_2 = 8.80221$

$f_3 = 50.03825$

$r_1 = 63.27518$

$r_2 = 5.86614$

(1) $C / f_w = 0.791075$

(2) $L / L_2 = 0$

(3) $|f_w / r_a| = 0.184259$

(4) $f_3 / f_w = 8.996368$

(5) $(r_1 + r_2) / (r_2 - r_1) = -1.20436$

(6) $\Delta N = 0.0315$

(7) $|f_2 / f_1| = 0.539059$

【0077】

このように第3実施例では、上記条件式(1)～(7)は全て満たされることがわかる。

【0078】

図8、9は、第3実施例の諸収差図である。すなわち、図8は広角端(W)における諸収差図であり、図9は望遠端(T)における諸収差図である。各収差図から明らかなように、第3実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に

補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【 0 0 7 9 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、固体撮像素子等を用いたビデオカメラや電子スチルカメラ等に好適で、回折光学素子を用いて、3 倍程度の変倍比を有し、小型で高性能なズームレンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図 2】

第 1 実施例の広角端（W）における諸収差図である。

【図 3】

第 1 実施例の望遠端（T）における諸収差図である。

【図 4】

本発明の第 2 実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図 5】

第 2 実施例の広角端（W）における諸収差図である。

【図 6】

第 2 実施例の望遠端（T）における諸収差図である。

【図 7】

本発明の第 3 実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図 8】

第 3 実施例の広角端（W）における諸収差図である。

【図 9】

第 3 実施例の望遠端（T）における諸収差図である。

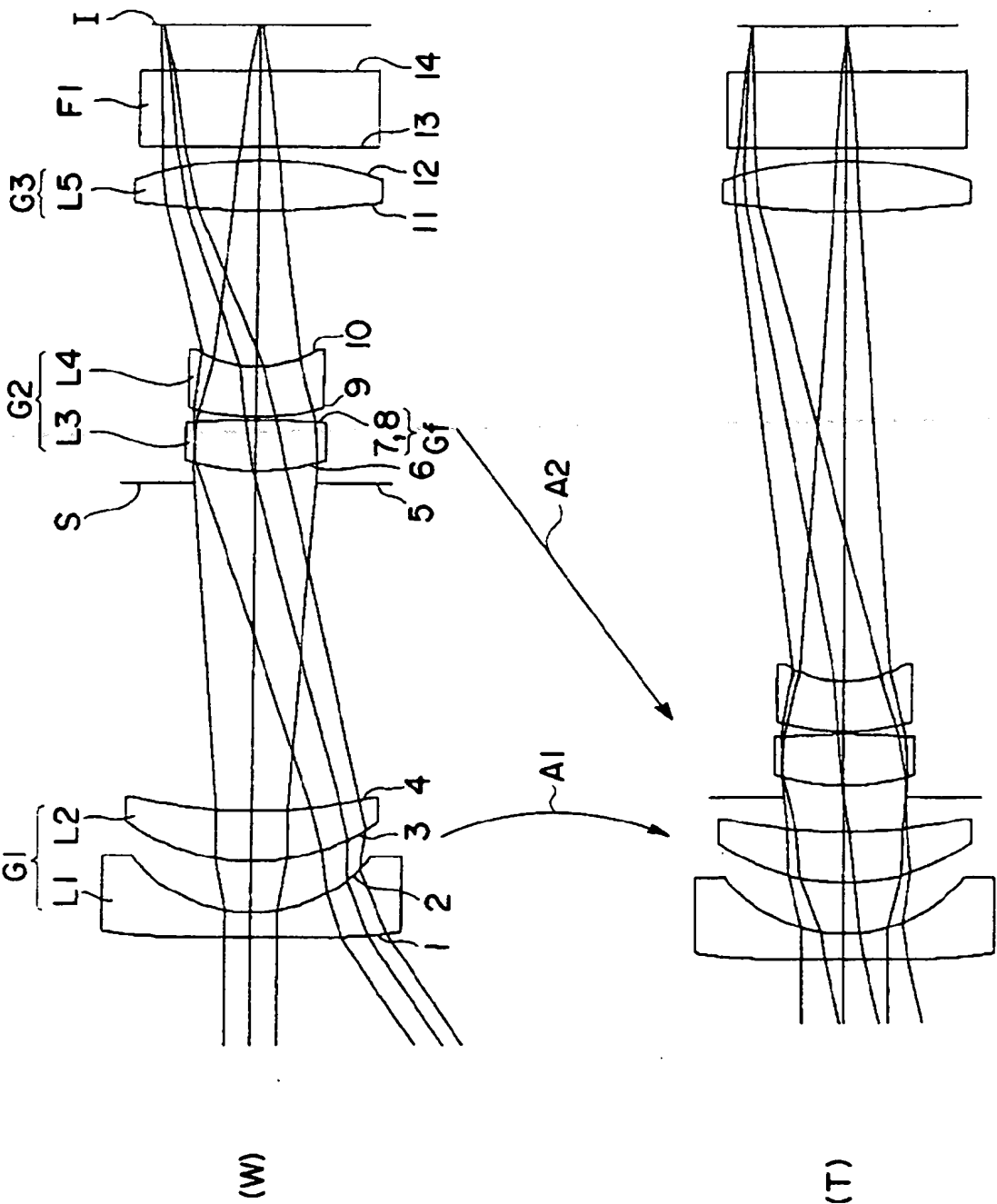
【符号の説明】

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群

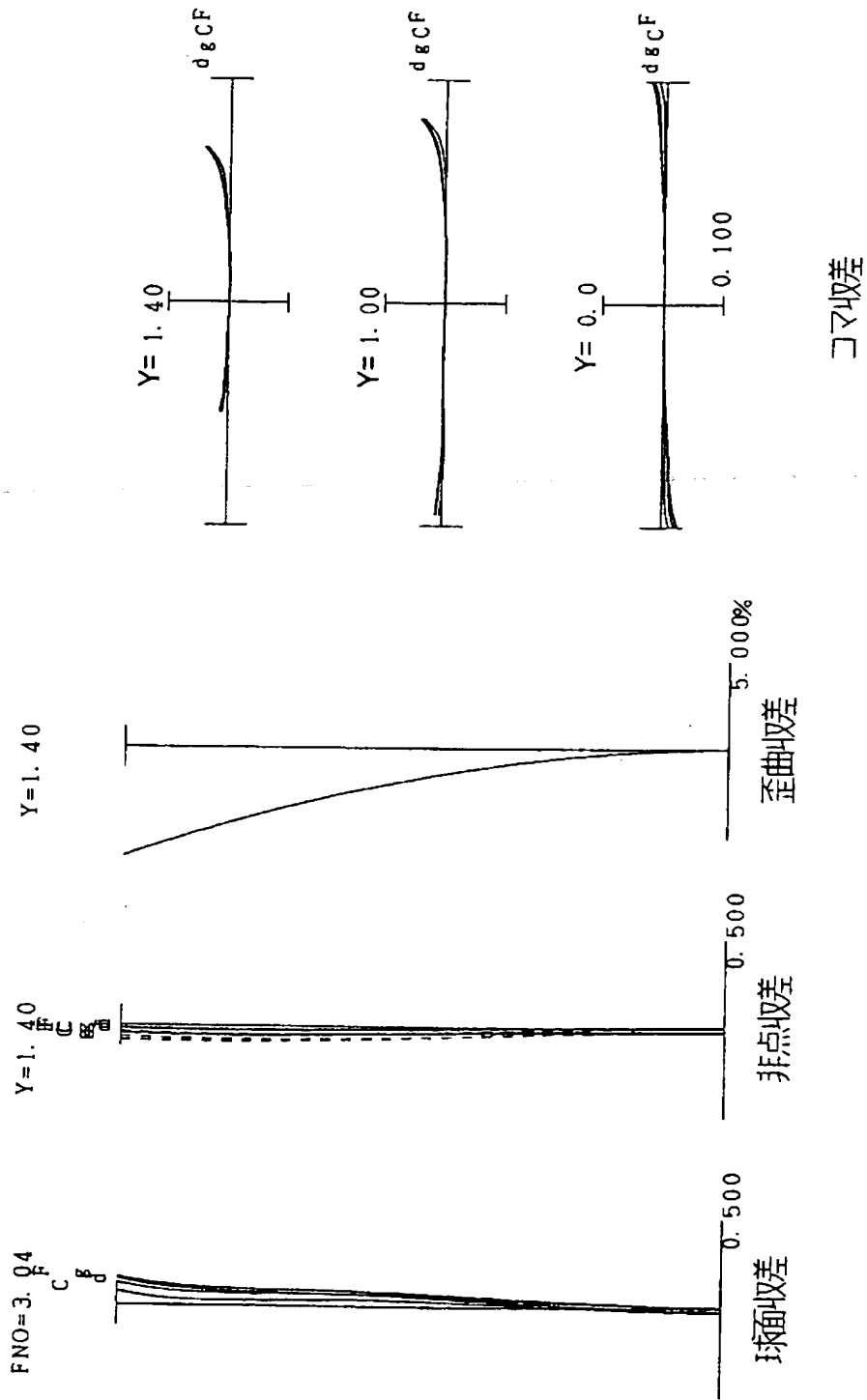
S 開口絞り
L i 各レンズ成分
G f 回折光学面
I 像面

【書類名】 図面

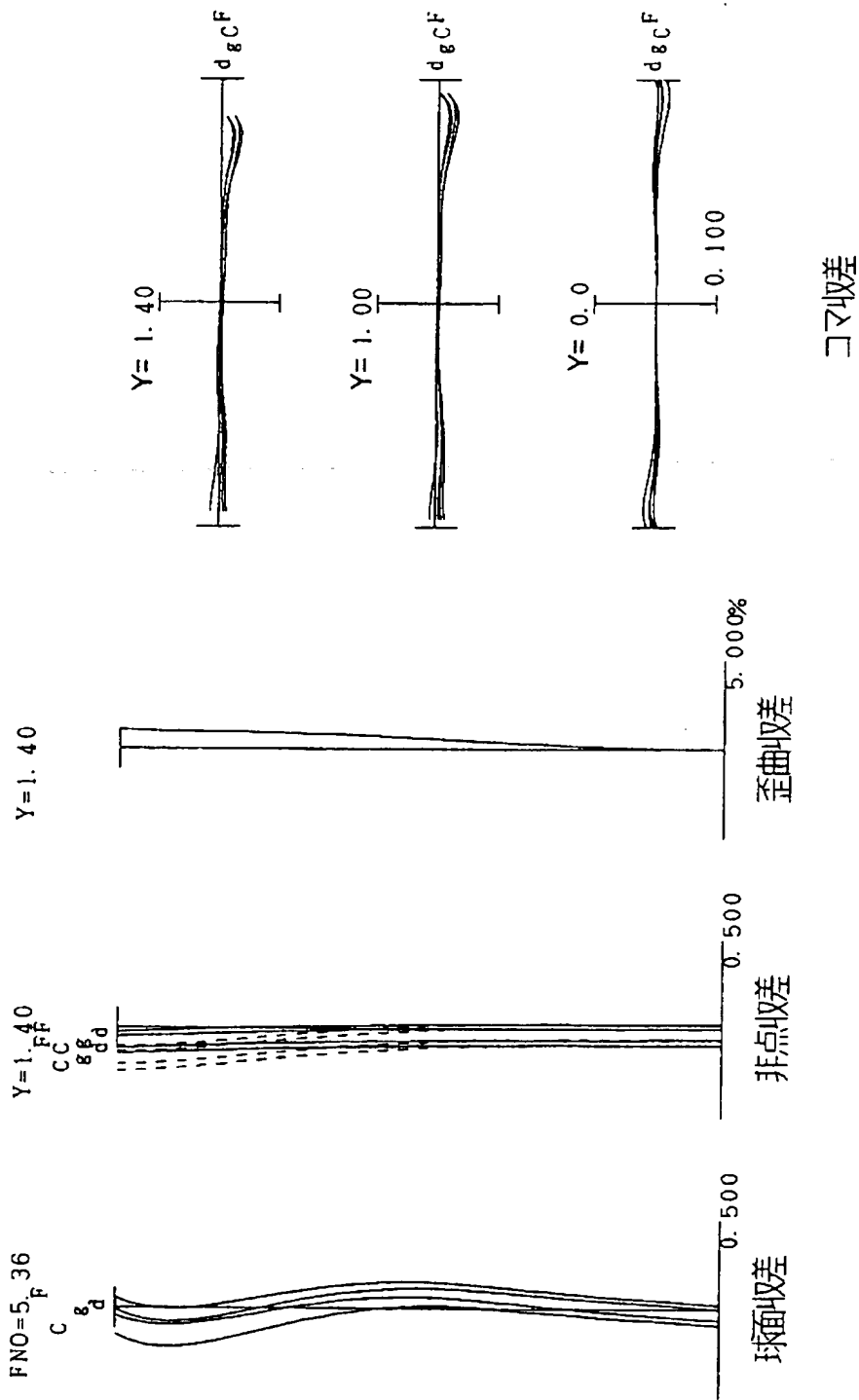
【図 1】



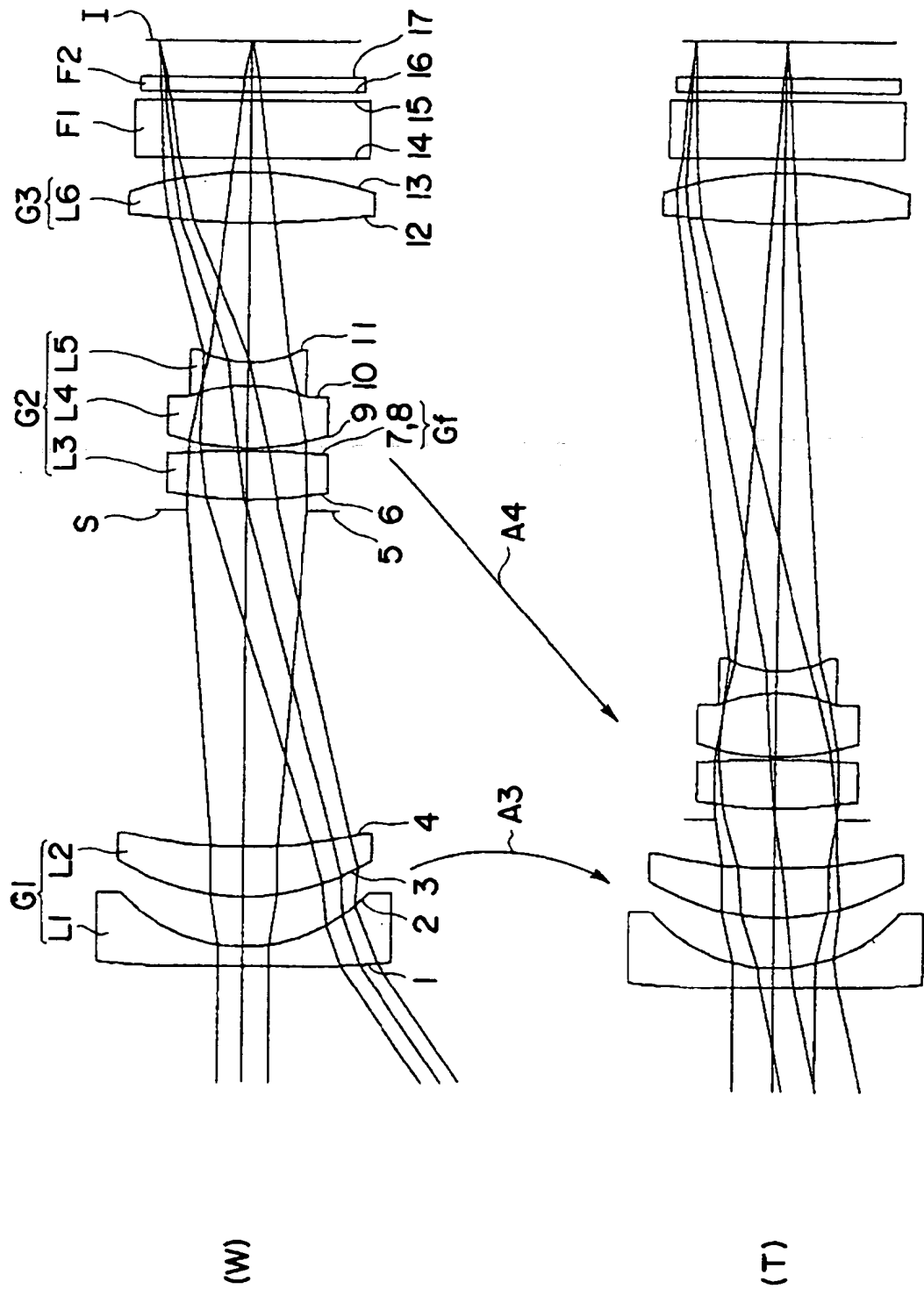
【図 2】



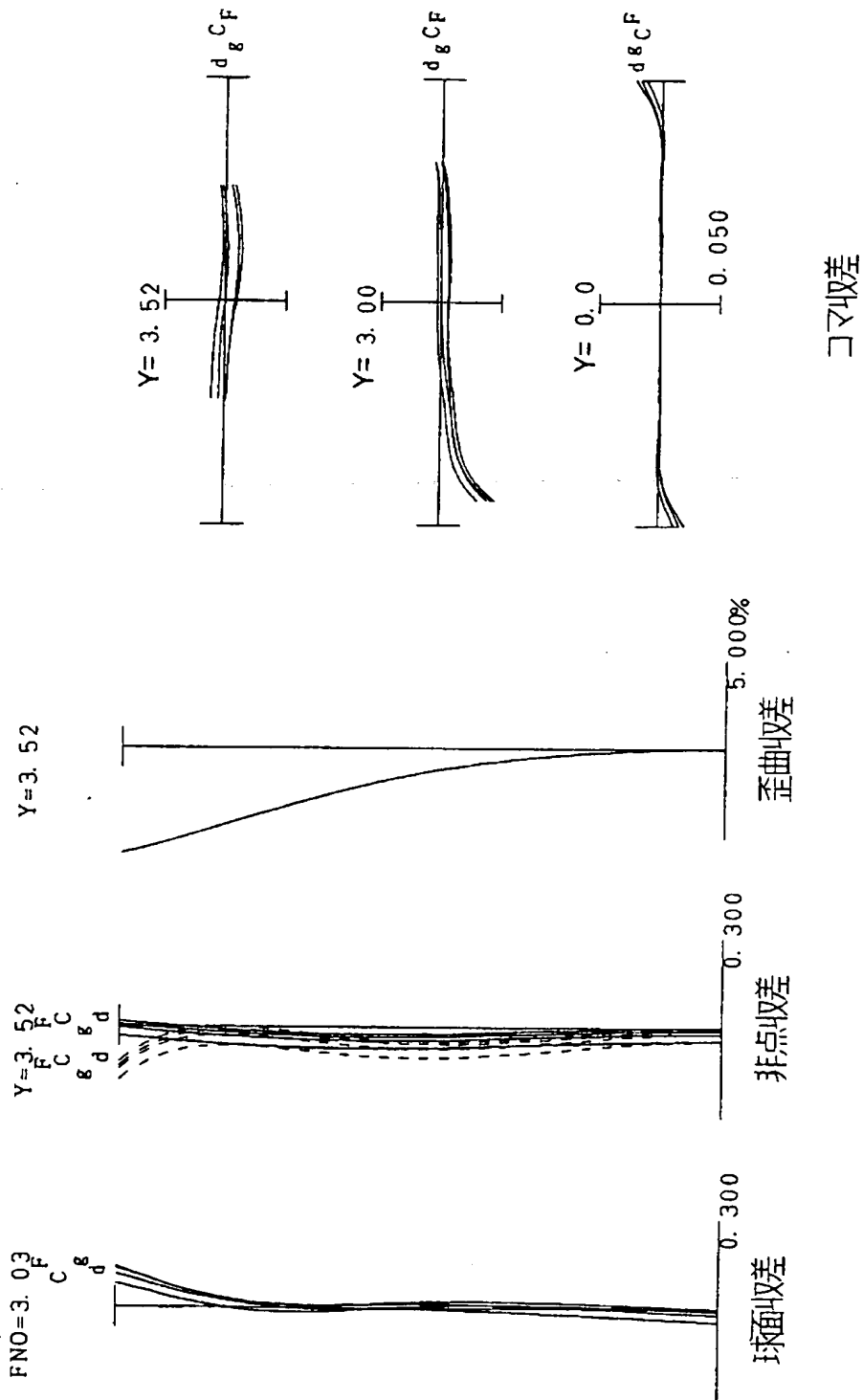
【図 3】



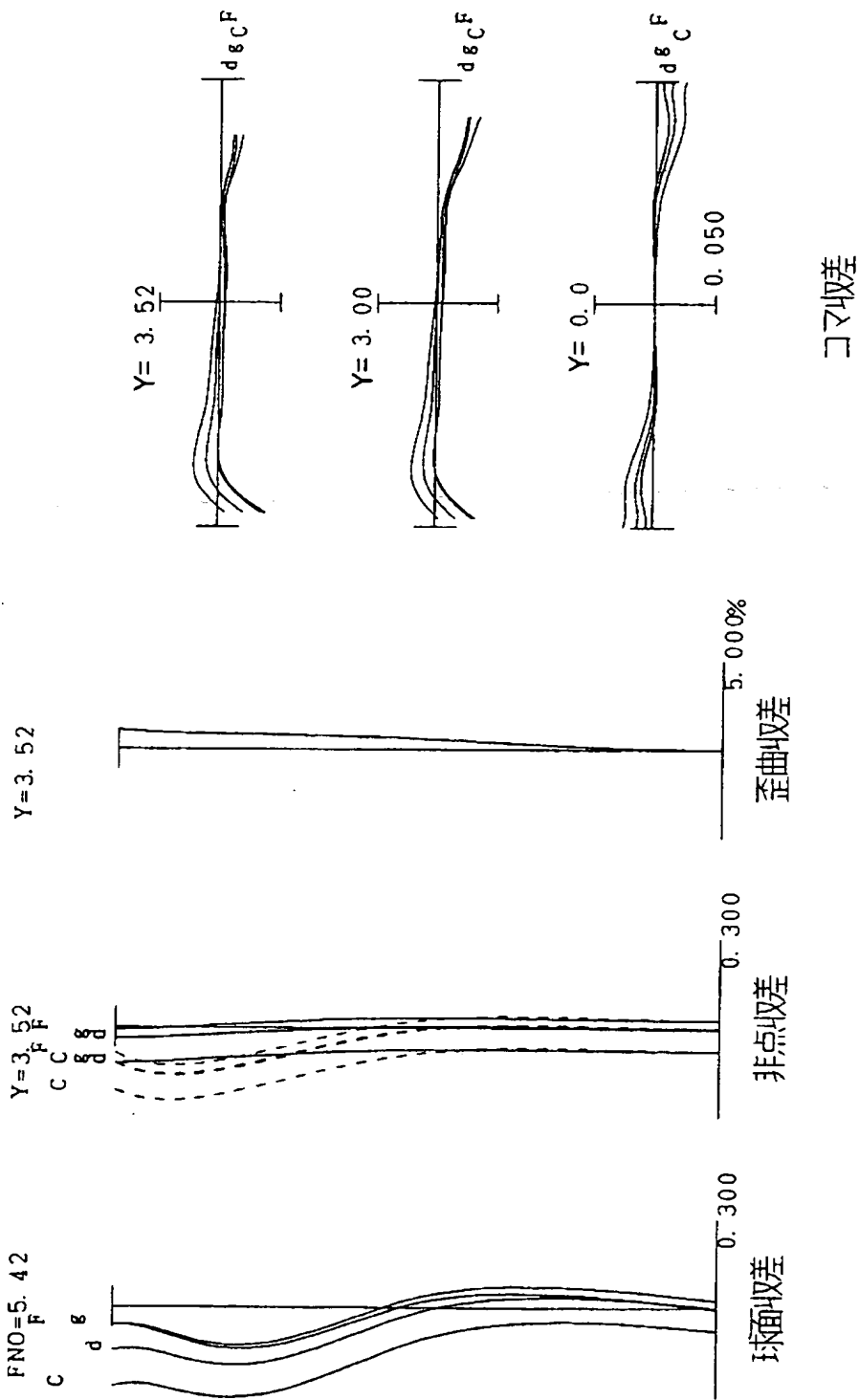
【図 4】



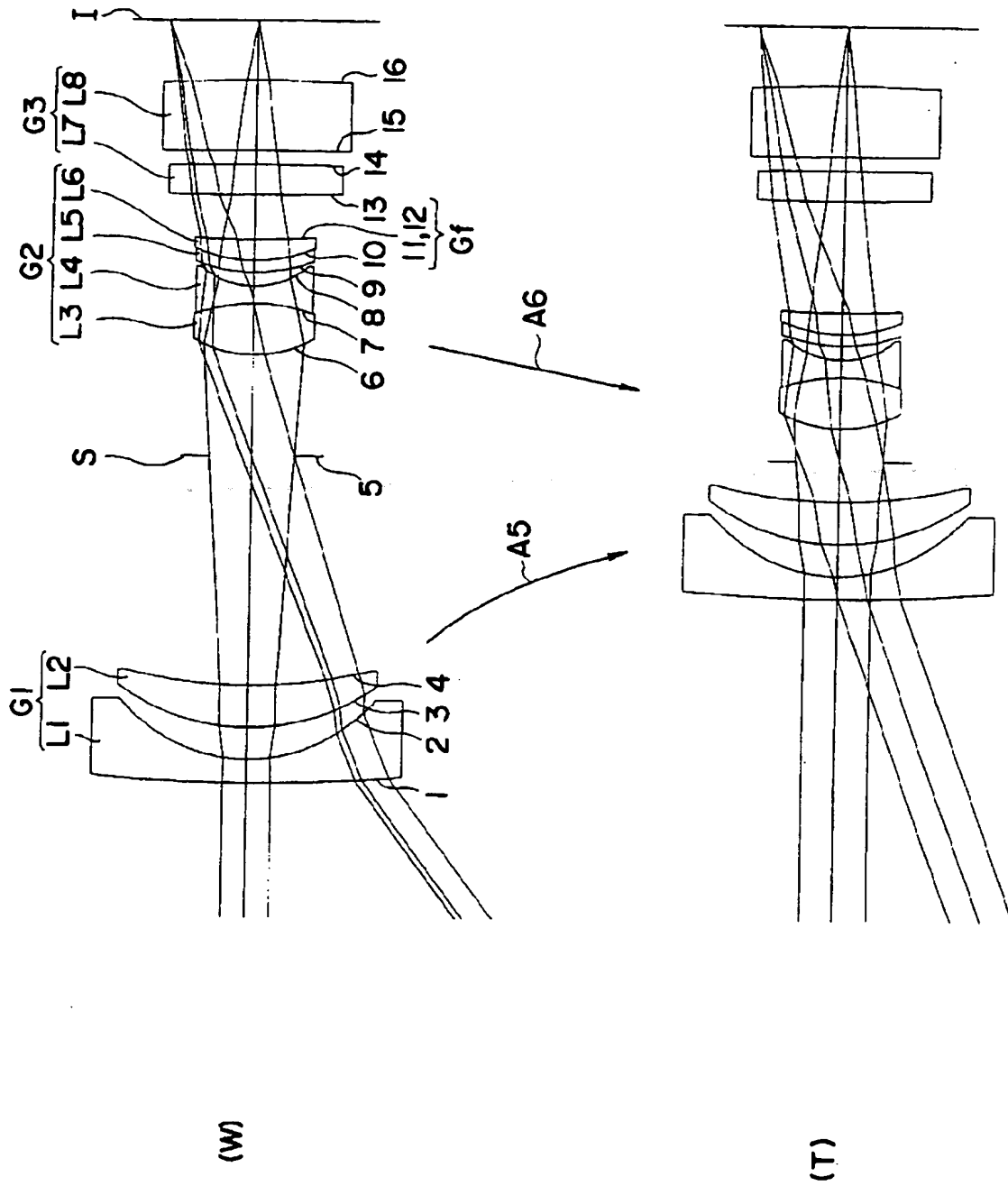
【図 5】



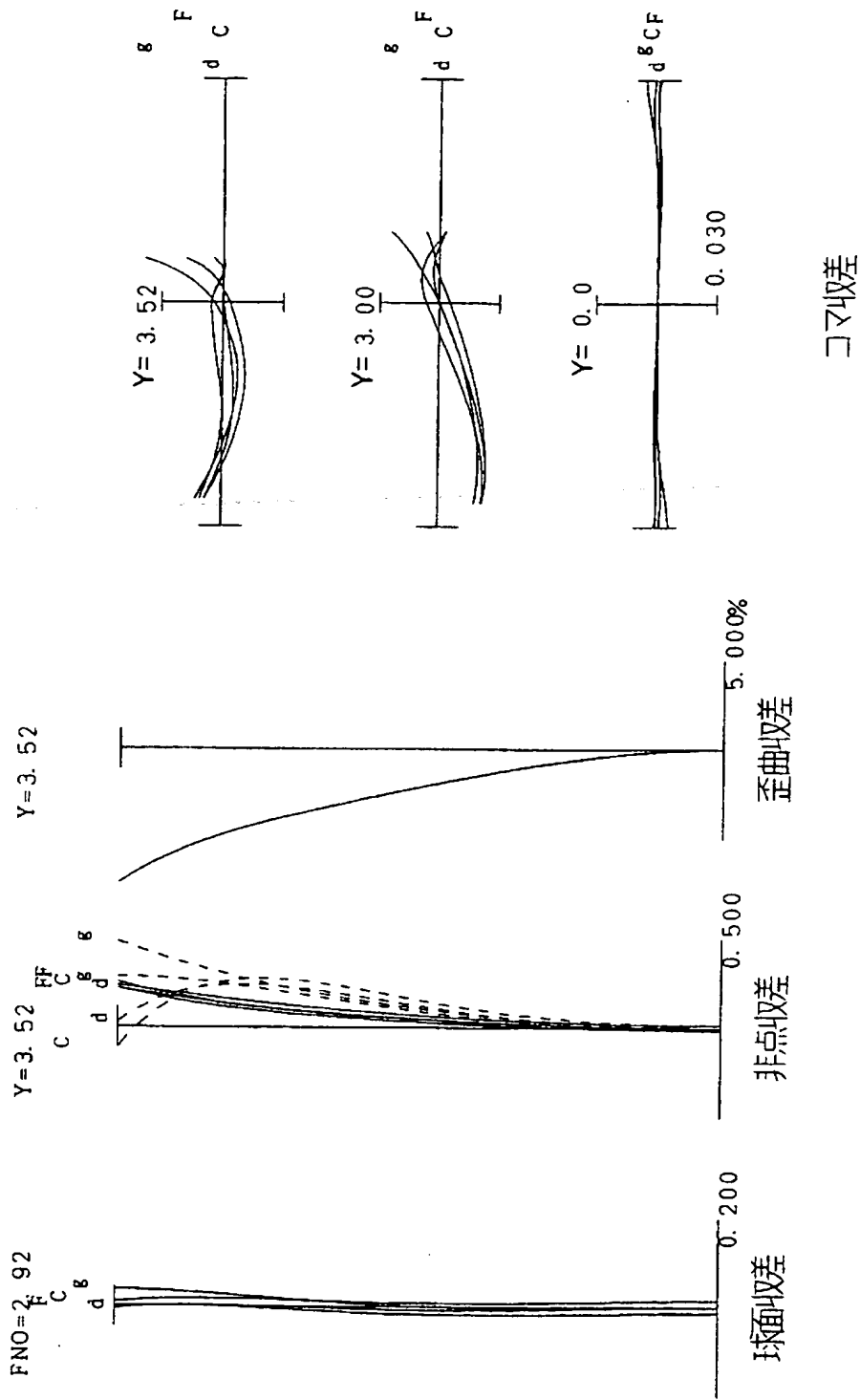
【図 6】



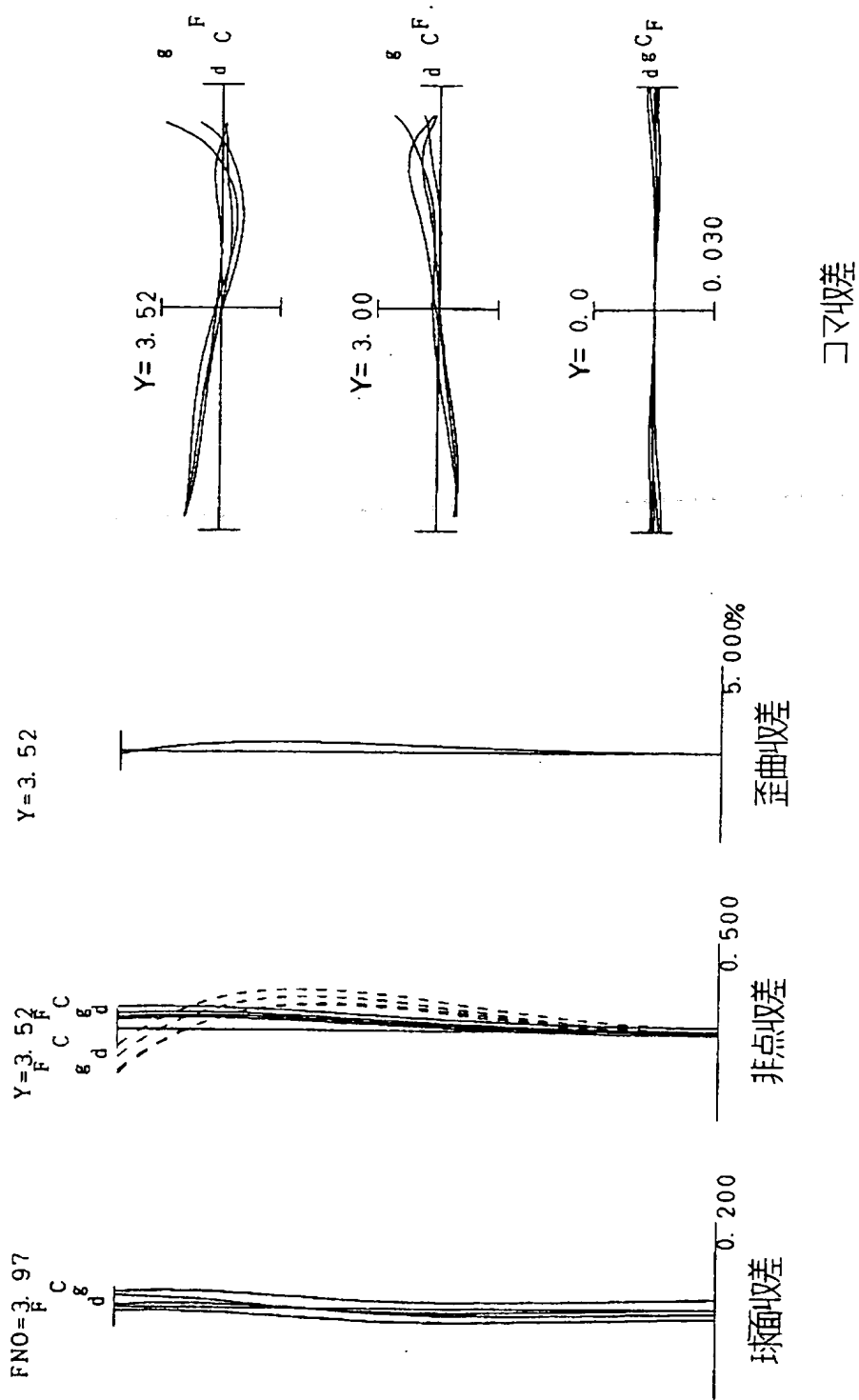
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 射出瞳位置が結像面から十分遠く離れ、3倍程度の変倍比を有し、小型で高性能なズームレンズを提供する。

【解決手段】 本発明に係るズームレンズは、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、絞りと正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備えている。広角端(W)から望遠端(T)への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増大するように、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2がそれぞれ移動し、第3レンズ群G3が固定される。第2レンズ群G2は4枚以下のレンズ成分で構成され、最も物体側の面ではないレンズ面に回折光学面Gfを有している。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 7 4 8 4 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
新規登録

住 所
氏 名

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
株式会社ニコン